产用融合——智能技术群驱动的第五制造范式

杨青峰

《新型工业化》杂志社 工业4.0研究中心 北京 100040

摘要 到目前为止，制造范式演进经历了4个阶段：手工制造、大机器生产、流水线生产、大规模定制。通过对历次制造范式演进历史的分析和研究，文章提出一个相对固定的制造范式是在技术、社会环境、制造价值观和制度4个因素影响下塑造出来的。其中，技术只是构造制造范式内部结构的工具，具有多重可能性，但适应社会环境和满足制造价值观的需要使得只有一种制造的内部结构可以被称为制造范式。在基本制造范式形成的基础上，制度的作用在于使已经形成的范式得到巩固和优化。现在，全球范围内正在进入智能技术革命与产业革命交织发生的新时期，文章基于研究认为，基于智能技术群，将会形成一个被称为"产用融合"的新制造范式，它将是继大规模定制之后的第五制造范式。

关键词 人工智能（AI），工业互联网，制造范式，产用融合

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.01.005

从2006年开始，以云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能为代表的新兴技术群首先与个人的生活相结合，迅速改变了人们生活的各个场景。2013年，以德国"工业4.0"战略提出为标志，新兴技术群开始与传统工业相融合，把传统工业导向新工业革命阶段。2016年，在二十国集团（G20）领导人峰会公告中，正式发布了《二十国集团新工业革命行动计划》，这标志着新工业革命已经成为世界性共识。在新工业革命所有涉及的领域当中，制造业与新兴技术群融合并发生颠覆性变革是其中最重要的组成部分。

在新工业革命背景下，制造业颠覆性变革的一个热门话题就是转型升级，但转型升级的关键在于需要一张科学合理的目标蓝图。有了目标蓝图，转型升级的路径自然清晰，要不然就会面临大量潜在的试错风险。从制造业的角度，转型升级的目标蓝图就是能够颠覆目前制造范式的新制造范式。有了科学合理的新制造范式，制造业如何转型升级的问题就会迎刃而解，新制造范式的重要性显而易见。

修改稿收到日期：2018年12月27日

1 制造范式的认知误区与科学认知

1.1 制造范式的认知误区和概念滥用

人们知道制造范式很重要，但并不意味着已经对制造范式有了科学认知。在目前的具体实践和研究中，普遍存在对制造范式的认知误区，以及制造范式概念的滥用。对制造范式的认知误区和概念的滥用，可能导致大量的制造企业目前正在进行的转型升级走向错误的道路，给企业造成巨大的技术投资风险。

*常见的对制造范式的认知误区就是把局部解决方案当作制造范式。*例如，德国“工业 4.0”战略描绘的智能工厂和智慧生产等具体解决方案，在实践中往往被误读为一种通用的制造范式，大量的企业试图通过实施德国“工业 4.0”战略来获得成功。2017 年，德国大众为生产辉腾汽车建设的德累斯顿透明工厂，由于汽车销售不畅而导致的停产事件，已经证明单单从智能工厂和智慧生产角度转型升级制造业，可能会面临潜在的失败风险。也有更多的事实证明，德国“工业 4.0”战略提出的智慧工厂和智慧生产，以及隐含的满足大规模个性化定制的价值观，会导致企业产生大量的新技术投资，但并不一定能创造出全新的附加价值。当然，德国“工业 4.0”战略并不是没有价值，问题在于制造企业不能把它当作未来的制造范式来复制。

*另外一种常见的现象就是制造范式概念的随意滥用。*近年来，国内外一些专家提出数字化、网络化、智能化是未来的 3 种智能制造范式，也有更多的论文以网络化制造范式、协同制造范式、个性化定制制造范式等为论题，试图描绘出一个代表未来的制造范式。实质上，这些可能只是描述了未来制造范式的技术特征或局部运行特征，而不是对制造范式系统和全面的诠释。这种以局部特征代替系统整体的概念滥用，同样会把制造企业导向错误的转型升级道路。

制造范式是一个可以严格定义的概念，有着特殊的含义，对它的误读和滥用，将会干扰人们对新工业革命背景下新制造范式的科学认知和科学求解，并进一步把制造业企业转型升级导向错误的方向，从而造成不必要的损失。

1.2 范式科学与科学认知制造范式

要建立对制造范式的科学认知，首先必须理解范式科学的相关概念与基本内涵。1962 年，科学哲学家托马斯·库恩在《科学革命的结构》中提出了范式、常规科学、反常、科学革命等概念。托马斯 · 库恩指出，范式是一定时期内科学共同体的思维原则、方法论和价值观，它包括但不限于以下内涵：范式是科学共同体一致接受的某一专业学科的基本理论和取得的重大科学成就；不同学科各有自己的范式，每一学科在不同的发展阶段，也会有不同的范式；科学共同体拥有的工具和操作运演方式；范式拥有的范例是典型的具体题解，每一个科学共同体的成员通过范例的学习，才能掌握范式来学会解决同类的问题。同时，托马斯 · 库恩在该书中还提出：一个新范式代替旧范式，不是真理代替谬误，其本质是一种世界观的转变，这种观念转变能够与世界更加融洽地互动；新范式与旧范式具有不可通约性[1]。

参照托马斯 · 库恩提出的范式理论，制造范式可以定义为：制造范式是一定时期内制造业全体关于如何制造的思维原则、方法论和制造价值观。由于一定时期内制造范式所形成的范例具有通用性，制造业主体通过范例的学习能够解决同类的问题。制造范式的演进是在某一时代背景下人们关于如何制造事物的价值观、方法论和思维原则的转换。到目前为止，人类的制造活动只形成了4 种公认的、分别从属于不同历史时期的制造范式：手工制造、大机器生产、流水线生产、大规模定制[2]。

就现状来说，如果抛弃对制造范式的认知误区和概念滥用，很显然类似手工制造、大机器生产、流水线生产、大规模定制等获得普遍共识的新制造范式还

没有形成。现在制造业全体面临的一个重要而紧迫的任务就是找到一个适合于新工业革命时代需要的新制造范式。只有找到这个制造范式，哪怕只是一个演化原型，也会对目前制造业急迫的转型升级具有重要的目标导向意义。因此，本文的核心就是运用范式理论研究制造范式演进历史，找到影响制造范式转换的关键因素，并科学地预测未来制造范式。

2 制造范式演进的关键影响因素分析

2.1 制造范式的历次演进与对比研究

人们通常习惯性地把第一次工业革命作为制造范式的起点，但事实上，手工制造才是制造范式演进的真正起点。参照制造范式的定义，占据人类历史最长时间的手工制造到晚期已经形成了相对完善的思维原则、方法论和制造价值观，形成了清晰的范式结构，也出现了非常细致的社会化分工或工场内分工等制度安排，在价值上满足了同时期人类的基本物质生产需求。人类手工制造活动中积累的知识、方法和工具并没有消失，而是分散隐藏在工业革命之后形成的制造范式当中。即使到现在，手工制造仍在我们现实生活中大量存在。总之，手工制造不能归零，而是一个最基本的基准，是第一制造范式，后续制造范式的形成都能追溯到它的影响。

把手工制造包含在内，从人类文明开始至今，制造范式经历了 3 次大跃变，形成了 4 个在一定时期内相对固定的制造范式。我们把不同制造范式的主要元素用表格的形式进行了对比（表 1）。

制造范式的演进历史也说明了几个事实：制造范式的演进并不是在某一家企业连续演进的；制造范式演进不是旧范式量变并最后质变为新范式的结果；新制造范式形成之后反向淘汰旧制造范式。例如：大机器生产方式并不是诞生在手工制造更为相对完整和成熟的钟表业，而是对英国来说完全新生的棉纺织业[3]。福特在手工制造汽车的生产条件下创造出流水线生产，而不是当时更为先进的大机器生产。大机器生产没有直接演进到流水线生产，而是因为效率低下被反向淘汰[4]。大规模定制的核心——精益生产也是因为丰田汽车公司不具备复制流水线生产方式的条件而创设出来的，并不是大规模生产直接量变演化的结果[5]。

由于新、旧制造范式之间的不可通约性，试图通过在现有制造范式基础上渐进变革不可能创造出新制造范式。而是必须跳出现有制造范式对思维的束缚，从制造范式演进的关键影响因素出发才有可能找到答案。

2.2 形成制造范式的 4 个关键影响因素

在研究者的论文和大众的通俗语境中，也经常简要或夸大讨论技术与制造范式的关系，这使得很多人误认为技术是制造范式形成的唯一影响因素。技术进步无疑是重要的，新技术会塑造出全新的产业运行结构。问题在于，技术进步在不断发生，制造范式却不会随时形成。

表 1　4 种制造范式的主要区别

类别	生产装备	生产方式	生产场所	生产资料	生产知识	生产产品	生产价值	面向市场
手工制造	手工工具	手工分散制造	家庭+手工工场	手工业者自己控制	个人掌握完全知识	手工个性化产品	自用与剩余交换	区域小市场
大机器生产	大机器及组合	动力机+配力机+工作机生产	早期小型工厂	资本家控制	完全知识由组织掌握	批量产品	商品交换与资本利润最大化	国家或国际市场
流水线生产	流水线与专业化生产设备	流水线大规模标准化生产	大工厂	资本家控制，后转变为现代企业控制	企业完全控制知识	大规模标准化廉价产品	资本家利润最大化与规模化用户需求	全球性市场
大规模定制	柔性生产线	多品种部件标准化生产+整体组装	模块化小工厂	现代企业控制	企业与用户分享部分知识	多品种可定制产品	用户多样性需求	全球性的细分市场

技术不是制造范式演进的决定性因素也显而易见，主要表现在3个方面：① 人类历史中发明了大量的新技术，但到目前为止，仅形成了4种制造范式；② 新旧制造范式转换并不受制于新技术发明的时间；③ 技术与产业融合会形成若干种不同的结构，不能确定哪种结构会成为通用的范式。因此，除技术以外，一定有其他的影响因素参与塑造了制造范式。

事实上，从手工制造到大规模定制的演进历史证明，起到决定作用的其实是时代背景下人们对制造事物的需求，而影响需求的关键就是不同时代的制造价值观。要追溯人们产生这样的需求而不是那样的需求，都会追溯到制造价值观。制造价值观是社会发展的产物，是人们在时代发展中对价值的公共认可。范式理论其实也论证了这一点，托马斯·库恩就认为范式的本质是一种思维原则、方法论和价值观，是制造价值观决定制造范式成立的唯一性，也是制造价值观决定了人们对制造范式的需要。例如：伴随福特创造流水线生产的福特主义，强调“高工资、高消费、高产量的统一[6]”，其实质就是反映了当时人们的制造价值观。简单来说，就是制造价值观决定需求，需求决定生产什么和如何生产，也就限定了制造业的内部结构。

技术和制造价值观都是一个社会环境发展的产物，制造范式同样也是社会环境塑造的结果。社会环境包括当时的政治发展、经济发展、社会人文发展、技术发展等多种复合因素，不同时代的这些复合因素最终让人们拥有了一个相对统一的制造价值观。但同时，社会环境也直接作用于制造范式的形成，使得制造范式满足社会环境的需要。例如：资本主义社会的萌芽和发展促使了第一次工业革命的发生，并在无形的影响中塑造出适合资本价值的大机器生产制造范式。总体来说，具体的制造价值观决定了技术构建的制造范式内部结构的唯一性，而社会环境则综合性地影响了制造范式的形成。

从制造范式演进历史研究中，我们能够发现存在另外一个关键影响因素，就是制度。制度的作用在于固化和强化已经形成的制造范式，促使制造范式发挥出最大价值。例如：伴随手工制造的是封建政府规范的制度；伴随大机器生产形成的工厂制度，通过工厂制度使得大机器生产有效运行；伴随流水线生产有现代企业制度；伴随大规模定制有精益生产相关制度。布莱恩·凯瑟在《技术的本质》中指出：“当一个新的技术进入经济，它会召唤出新的安排——新技术和新的组织模式[7]”。布莱恩·凯瑟所说的新安排本质就是新结构和新制度。

影响新制造范式形成的因素还有一些其他的内容，如新型的劳动者，但比较来看，技术、社会环境、制造价值观和制度是其中最为关键的4个影响因素，正是它们通过有形或者无形的方式促使了新制造范式的形成。形成制造范式的4个关键影响因素及其相互关系如图所示（图1）。

很显然，制造范式是技术、社会环境、制造价值观和制度等4个因素综合影响的结果，单纯从技术角度论述的制造范式是不成立的。

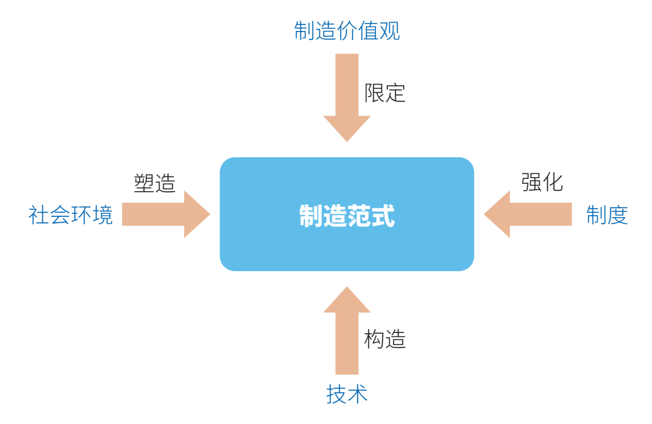


图1　形成制造范式的4个关键影响因素与相互关系

3 当前形成新制造范式的四因素分析

3.1 技术：智能技术群为形成新制造范式提供了可能性

现在，以云计算、大数据、物联网、移动互联

网、人工智能等技术为核心，逐渐形成了一个新兴技术群[8]。这些技术与实体产业相融合，能够实现实体产业的智能化，因此也可以称为智能技术群。

构成智能技术群的云计算等智能技术并不是一项单一技术，而是一个技术集合，由多种细分技术构成，这些细分技术又可以进一步细分。另外，细分技术之间互相交叉组合又会创造出新的技术或解决方案，使得智能技术群更加丰富和完整。

智能技术群与工业生产元素相结合，首先会改变工业生产元素的自身特性，并能进一步重构生产资料、机器、人、工厂之间的关系，最后使得制造业的内部结构出现根本性的变革。例如：基于智能技术，智能机器能够拥有自感知、自决策、自运行、自维护等全新的特性；基于智能技术，在制产品能够自治调度生产机器和生产资料完成自身的生产；基于智能技术，不在同一物理空间的智能设备构造出虚拟工厂来实现智慧生产等。

无论是已有的实践还是理论的分析，智能技术群与制造业相融合，会产生出多样化的制造业变革可能。现在，德国“工业4.0”战略，以及我国提出的服务型制造、个性化定制、协同制造等制造变革的实践都说明了智能技术对制造业内部结构进行重构的各种可能。如果单从智能技术的角度，当前形成新制造范式的可能性前所未有。

根据前面对形成制造范式关键影响因素的分析，尽管智能技术群已经为形成新制造范式提供了充分的可能性，但没有其他关键因素的塑造和限定，同样不会实现制造范式的转换。

3.2 社会环境：物质极大丰裕与虚实空间形成

从经济和社会来看，尽管10年前世界爆发了金融危机，但人们生活的环境还是发生了巨大变化，物质极大丰裕与财富快速增长是两个显著的特征。历经250年左右的工业化生产，100多年的大规模生产，全世界的产能都在不断扩张，生产效率不断增长，全世界已经能够生产出大量的物质产品。现在，人们已经从早期的物质稀缺变为物质极大丰裕，而全世界的生产机器还在不间断地生产物质。例如：现在全世界每年产鞋量达到300多亿双左右；每年全世界生产服装900多亿件；全球1年的手机产量达到14亿部。

物质极大丰富的同时，人们也更加富裕，拥有了更强大的购买力。根据世界银行发布的《国民财富的变化，2018》报告，1995—2014年全球财富据估计增长了66%。中国的财富增长更快，1995—2016年，人均GDP增长10倍左右。一个显而易见的道理在于，虽然过去的财富增长拉动了物质生产的繁荣，但物质极大丰裕之后，随着财富继续增长，人们就会开始不满足于物质产品的消费。

除了物质丰富和人们更加富裕之外，现在与以前的历次制造范式所处的社会环境也有一个很大的不同：基于智能技术的广泛应用，出现了一个虚实融合空间，大量的人开始在虚实融合的世界中生活，虚拟世界和实体世界融合在一起[9]。数据能说明这一点：2017年，全球网民数量达到了40亿，占地球人口的一半左右；截至2017年底，中国网购人数达到5.33亿，而且其中绝大多数都是通过手机端购物。另外，不仅仅是人类生活在虚实融合的世界，世界上的万物也在加速进入虚实融合世界。根据相关研究，2016年全球物联网设备数量达到64亿，预计2020年将会达到204亿。

物质极大丰裕和人们财富的持续增长，以及虚实融合世界的形成，传统的物质生产已经无法满足需要，这意味着必须经过一次全方位的制造业转型升级和一次全新的制造范式跃变，才能持续满足人们对美好生活的需求。

3.3 制造价值观：满足深层次、非物质的个性化需要

现在，与大规模定制提出的1987年相比，制造价值观和消费观念也发生了根本性的变化。物质极大丰富，人们财富快速增长，按照经济学的效用理论，人们对基

本物质的兴趣逐渐减弱，开始追求深层次、非物质的需求。对深层次、非物质需求的满足构成了现时代最核心的价值认同。那么什么是当前人们深层次、非物质的需求？按照心理学家马斯洛的需求层次理论模型，开始的时候人们追求的是基础的生理、安全的需求，进而需要社会交往和尊重，最后就是自我实现的顶级需求。参照马斯洛的模型，在当前的新时代，人们的需求已经到了更加高级的非物质需求满足层面，社会交往、尊重和自我实现已经成为需求满足的一部分。

在非物质层面，与低级阶段的物质需求层面不同，人的需求差异就会非常显著，个性化需求特征会非常明显，个性化就成为需求的核心特征之一。另外，虚实融合世界的形成，个人的位置、时间、场景也构成个性化需求的一部分。这也是为什么会要求实现个性化成为生产方式变革的主要驱动力。

从需求的角度，深层次、非物质、个性化需求成为最主要的组成部分，所有的物质生产和物质交付都要与这些内涵融合在一起。所谓深层次，就是强调价值交付，给人们带来更好的效用获得；所谓非物质，就是满足用户参与感、尊重感、协作、主导权、精神、文化等非物质需要，而不仅仅是一个有形的物品；所谓个性化，就是根据每个人的动态差异性提供有针对性的产品和服务。对深层次、非物质、个性化等需求的满足也反映了当前人们普遍的价值认同，也就构成了时代的制造价值观。

简单来说，当前制造价值观的变化，需要一个新制造范式来满足，这是一个必要性问题，同时也限定了未来制造范式的内部结构。

3.4 制度：新制度的整体缺位与局部探索

在形成制造范式的影响因素当中，制度与前三者不同，新制度往往是在新制造范式形成过程中同步形成或者通过后续的研究逐步完善。例如：工厂制度与大机器生产制造范式同步形成，但100年后的泰勒提出科学管理原理及其相关具体制度才对它进行了最后完善。

就目前来说，由于新制造范式尚在探索和形成当中，最后的蓝图尚不清晰，用于规范、强化制造范式的新制度从整体上是缺位的。但适应新制造范式的制度探索其实已经开始。在政府层面，从国家到地方，已经发布了大量的政策来鼓励制造业变革的各种探索，加速新制造范式形成。在企业管理制度革新层面，大量的组织变革和管理制度变革已经发生，来适应各种新变化。例如：家电巨头海尔集团正在探索的创客化组织。这些局部探索无论最终成功与否，都会对新制造范式下新制度的形成具有重要的参考价值。随着新制造范式的逐渐清晰化，相信人们一定会创造出全新的制度来满足新时代的需要。

总之，当前社会环境和制造价值观已经发生了根本性变化，这为新制造范式的形成提供了必要性。智能技术群必然会与制造业融合，重构出全新的制造业内部结构，为形成新制造范式提供了充分性。制度不是一个障碍，新制度一定会在新制造范式形成和发展过程中自然形成。

4 第五制造范式——产用融合

4.1 目前制造业对新制造范式的探索

近年来，智能技术群的细分技术不断丰富和成熟，并广泛应用于人们的生活当中，智能技术群与制造业的融合就逐渐成为一个现实问题。2013 年，德国“工业 4.0”战略的提出，标志着人们对智能技术与制造业融合与变革的认识达到了一个全新的高度。随后，以德国“工业 4.0”战略为参照，我国很多制造业企业已经开始运用云计算、大数据、物联网、移动互联网和人工智能等技术来改造生产和运行，并试图探索出一些成功的模式。到目前为止，制造业企业在个性化定制、服务型制造、协同制造、面向共享的制造等不同方向进行了大量的实践，已经形成了一些成功的范例。

个性化定制最为接近新制造范式，在很多专家的

观点中也基本上等同于新制造范式。但现在看来，个性化定制实质上是一个伪命题，并且不具有通用性。很多自认为是个性化定制的案例，包括德国“工业 4.0”战略，仔细研究就会发现它们还在大规模定制的范畴之内，只不过更加智能和更加多样性。为什么个性化定制作为新制造范式不能成立呢？主要有三方面原因：① 工业生产技术发展与世界万物本身的客观属性决定了工业资源对于人们的需要来说，永远是相对稀缺的，本身就无法满足人们的任意定制需要；② 个性化定制往往落实到按订单生产，默认为订单就是个性化需要的全部映射，但实质上个性化需要是一个动态系统，订单完成并不等于个性化需要的满足；③ 现有的个性化定制方案仍然以生产为中心，在订单页面，用户没有能力对一个存在大量未知特性的产品和生产活动做出理性选择。当然，还有更多的其他因素证明个性化定制无法成立。个性化定制本身就存在诸多不成立因素，自然就不可能是新制造范式。

还有一些其他的探索，如：服务型制造，强调制造过程和产品交付的服务化价值；协同制造，强调生产工厂或生产设备之间的横向协同；面向共享的制造，强调制造产品交付的共享属性。这些探索与个性化定制来比较，更加不具有制造系统的完备性，而是强调一个侧面，自然也不能称为制造范式。

虽然个性化定制、服务型制造、协同制造、面向共享的制造还不能承担未来制造范式的价值，但这些实践就像找到的拼图的各个边角，为新制造范式的提出提供了丰富的样本和知识积累。

4.2 建立生产者和使用者的统一系统

前文讨论过，制造范式的演进并不是前一制造范式量变到极致而形成新的制造范式，而是新制造范式形成之后反向淘汰了旧制造范式。同理，个性化定制这条道路行不通，反过来我们不应回到大规模定制，而是回到制造范式演化的原点——手工制造，从最基本的制造范式中寻找新制造范式的线索。在手工制造当中，我们会发现以下几个现象：手工制造大量的工作是自产自用，剩余产品才进行市场交换，在自产自用活动中生产者和使用者处于一个系统中；手工制造虽然没有效率，但基本能够满足个性化需要；手工制造者往往拥有完全知识。从上述现象可以得到 3 个启示：① 要使个性化需求被尽可能满足，必须使生产者和使用者处于一个系统当中；② 使用者主导生产才有可能满足个性化需要；③ 使用者实现自主生产需要完全的知识。其中，最为关键的就是生产者和使用者处于一个统一的系统当中，这是使用者个性化需求能够充分满足的基础。当然，工业革命之后经过历次制造范式演进发展的现代工业元素，同样对新制造范式具有重要的价值。但按照事物发展否定之否定，螺旋式上升的客观规律，只要它们不是原点，就可能被否定，因此，也就无法作为固定的参考样本。

制造活动涉及 2 个主要的角色群体：生产者和使用者（使用者通常也被称为用户）。前面论证过，新制造范式的核心就是要满足新时代制造价值观的要求，即满足深层次、非物质的个性化需要。参照手工制造的启示，要实现这一点，生产者和使用者必须处于一个系统中才有可能实现。但事实上，由于分工、市场、货币、大规模生产和大规模销售的一些客观因素，生产者与使用者从手工制造时期就开始慢慢分离，呈现出产用分离的状态。在产用分离状态下，生产者与使用者通常必须借助于市场交换来实现双方的交互，这也是我们目前常见的状态。即使到目前的大规模定制阶段，虽然强调以用户为中心，拉动式的精益生产，但并没有改变促使产用分离的客观原因，只是使得这种产用分离情形不再继续扩大，甚至还使得在产用分离现状下制造活动更有效率。

产用分离是一种客观存在，它是一个屏障。但新时代制造价值观又需要生产者和使用者处于一个系统当中，并能够实现有效的价值交换。要解决这个矛盾，关键就在于智能技术群的能力。实质上，有一个

共识是显而易见的，以云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能为代表的智能技术，通过感知、网络、算力、数据和算法等智能技术要素能够突破由于产用分离形成的屏障，实现生产者和使用者直接连接，再进一步通过智能技术群的集成性解决方案——工业互联网打开生产过程和使用过程的黑箱，最终将会在虚实融合空间中建立生产者和使用者的统一系统。同时，智能技术群也能够通过算力、数据和算法等智能技术要素不断优化和改进这一系统，使得这一系统运行地更有效率和更有价值。

与产用分离相对应，本文把这种生产者和使用者处于统一系统中，实现实时永续的按需生产称为产用融合制造范式。对比产用融合制造范式，大机器生产、流水线生产、大规模定制等制造范式主要是生产侧的不断演化，其中大规模定制是在工业技术约束下以生产侧为核心的制造范式演化的顶点。而借助于智能技术的独特属性，把生产者和使用者统一在一个系统中构造全新的制造范式，才是满足新时代制造价值观唯一可行的选择。

4.3 构造第五制造范式——产用融合

前文阐述了产用融合是继大规模定制之后的新制造范式，但它需要一个合理的内部结构才能实现。本文认为构造产用融合制造范式至少需要以下 6 个方面工作。

（1）需要生产者和使用者之间实现连接、打通和理解。现在，移动互联网和物联网技术提供了生产者和使用者连接的基本工具。连接不仅仅是生产者和使用者人与人之间的连接，而是要连接生产活动和使用活动，连接生产场景和使用场景，这些连接包括全渠道和全生命周期的连接。在连接之上，关键是打通，使得生产者和使用者之间双向完全理解。生产者需要准确理解使用者的现实需要以及潜在的动态需要。使用者需要理解生产不是任意无限可能，而是有边界的最大化可能。要实现这种理解，生产者必须提供充分的工具包和技术工具帮助使用者理解生产。生产者需要安装必要的传感单元、智能应用，以及充分利用云计算、大数据、人工智能等技术，来实现对使用者需求的理解。

（2）需要合适的智能产品和智能服务作为支点。产用融合制造范式并不是让使用者陷入大量的不必要工作当中，而是融合在日常生活和工作当中，以自然而然的状态发生。因此，建立产用融合制造结构，就必须进行合适的智能产品和智能服务设计与布局，并把它们作为使用端的支点，实现生产者和使用者之间的自然打通和自然理解。

（3）要实现实时永续按需生产，必须建立一个价值环流（图 2）。所谓价值环流就是在支点设计的基础上，不仅仅要在生产者和使用者之间实现连接、打通和理解，还要实现动态的价值交付通道[9]。即使用者所有动态需要能够实时传递到生产者，生产者的制造价值能够随时传递到使用者。例如：使用者的数据、需求信息、创新建议、评价等通过连接通道环流到生产者一边；生产者结合这些一手的使用者数据借助大数据分析进行集约，对共性问题进行及时的处理，并将一对一的需求根据生产能力与使用者及时沟通，确保双方对问题与解决方式达成共识；最后生产者把制造价值以数字化或实体的方式交付给使用者。最近区块链技术的发展，也为价值的数字化传递创造了可能。

（4）不断挖掘工业互联网的潜力。工业互联网本身建立是建立在云计算、大数据等智能技术与工业全元素与工业全过程融合之上，它是机器的机器、工厂

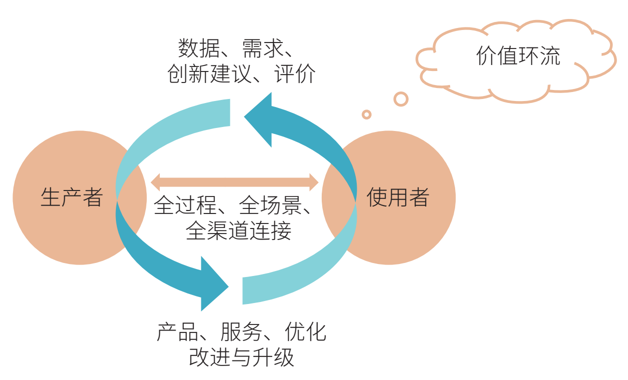


图 2　生产者与使用者之间的价值环流示意图

的工厂、系统的系统，能够在生产端形成一个超级能力的生产资源配置和操作平台。它也可以被视作一个超级生产机器，生产者通过它来组织价值的生产，而使用者也通过它来找到合适的生产者和生产资源。不断挖掘工业互联网的潜力，是在产用融合框架下实现高效价值生产的关键。

（5）充分利用大数据和人工智能的价值。从产用融合的角度，大数据和人工智能的价值主要有3个方面：更精准的理解使用者的需求；优化和改善生产侧的生产能力和成本；提升生产者和使用者统一系统的运行效率。充分利用大数据和人工智能的价值，有助于提高产用融合制造范式的价值和效率。

（6）建立新制度来规范和强化产用融合制造范式。产用融合制造范式是对现有制造活动的根本性颠覆，尤其生产侧的制造元素会发生根本性的变化。比如：工厂资源共享化；工厂模块化和小型化；制造资源分布式和分散化；生产者对生产资源的所有权和使用权分离；大量生产者成为依托工业互联网平台的创客化生产组织者。这些变化需要一系列的新制度进行规范和优化，以提升整体运行效率。制造业企业需要研究这些新变化的规律，并创造出全新的制度体系来满足新制造范式的需要。

当然，本文只是针对产用融合制造范式提出了一个非常基本的理论构想，它的完善还需要大量的从实践到理论、从理论到实践的反复过程。

5 结语

当前，如何指引制造业企业转型升级，提出新制造范式是一个迫切需要解决的重要问题。但当前对制造范式存在普遍的认知误区，有可能把制造业转型升级导向错误的方向，从而给制造业企业造成巨大的技术投资风险。本文从历次制造范式的演进历史入手，找到影响制造范式形成的4个关键影响因素：技术、社会环境、制造价值观和制度。并以这4个因素作为分析工具，分析了当前形成新制造范式的必要性和可行性。研究认为在当前的制造价值观引领下，智能技术群必然会构造出一个全新的制造范式——产用融合。产用融合制造范式的独特性在于把生产者和使用者放在一个系统中，实现双方的连接、打通、理解，以及价值环流，最终实现实时永续的按需个性化价值生产。与事实上无法实现的个性化定制相比较，产用融合制造范式更加符合实际的需要。另外，从技术上，产用融合制造范式本身就是智能技术群与制造业融合的未来蓝图，也可以说是智能技术群驱动和使能的结果。

参考文献

1 托马斯·库恩. 科学革命的结构. 金吾伦, 胡新和, 译. 北京: 北京大学出版社, 2017: 21, 157, 140-160.

2 杨青峰. 未来制造: 人工智能与工业互联网驱动的制造范式革命. 北京: 电子工业出版社, 2018: 4-76.

3 马克思. 资本论. 郭大力, 王亚南, 译. 上海: 上海三联书店, 2017: 233-268.

4 大卫·E·奈. 百年流水线: 一部工业技术进步史. 史雷, 译. 北京: 机械出版社, 2017: 43.

5 詹姆斯·P·沃麦克, 丹尼尔·T·琼斯, 丹尼尔·鲁斯. 改变世界的机器——精益生产之道. 余锋, 张冬, 陶建刚, 译. 北京: 机械工业出版社, 2015: 101-102.

6 福特. 商业的秘密: 福特大传. 陈永年, 译. 北京: 企业管理出版社, 2012: 265-268.

7 布莱恩·阿瑟. 技术的本质. 曹东溟, 王健, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2016: 215.

8 杨青峰. 智能爆发: 新工业革命与新产品创造浪潮. 北京: 电子工业出版社, 2017.

9 杨青峰. 智变: 新工业思维. 北京: 电子工业出版社, 2016: 55, 171-180.

Production and Use Integration—Fifth Manufacturing Paradigm Driven by Intelligent Technology Group

YANG Qingfeng

(Research Center of Industry 4.0, New Industrialization Magazine, Beijing 100040, China)

Abstract Up to now, the manufacturing paradigm has gone through four stages: manual manufacturing, large machine production, assembly line production, and mass customization. Through the analysis on and research of the evolution history of the manufacturing paradigms, this study expounds that a relatively fixed manufacturing paradigm is influenced and shaped by four factors: technology, social environment, values, and system. Among them technology, which brings with multiple possibilities, serves to construct the internal structure of the manufacturing paradigm, though only one manufactured internal structure can be called a manufacturing paradigm that adapts to the social environment and meets the values. On the basis of Basic Manufacturing Paradigm, the system serves to consolidate and upgrade the already existed paradigm. Against the backdrop of intelligent technology revolution and industrial revolution worldwide, this paper points out that a new manufacturing paradigm called "Production and Use Integration" will be formed based on intelligent technology, which will contribute to the advent of the fifth form of manufacturing after the mass customization.

Keywords Artificial Intelligence (AI), industrial internet, manufacturing paradigm, customization production and use integration



杨青峰 《新型工业化》杂志社工业4.0研究中心主任，高级工程师。产业智能化应用创新推进联盟秘书长，产业智能化专家委员会秘书长，信息化和智能制造领域知名专家。主要研究领域包括：新一代信息技术、信息化、智能制造，以及新工业战略与政策研究。E-mail: info_yang@sohu.com

YANG Qingfeng Senior Engineer, Director of Research Center of Industry 4.0, *The Journal of New Industrialization*. Known as an expert in the field of information and intelligent manufacturing, he also serves as Secretary-General of the Industrial Intelligent Application Innovation Promotion Alliance, and Secretary-General of the Industrial Intelligent Expert Committee. His major research areas include: next generation information technology, informatization, intelligent manufacturing as well as new industrial strategy and policy research. E-mail: info_yang@sohu.com

■责任编辑：刘天星

参考文献（双语版）

1 托马斯·库恩. 科学革命的结构. 金吾伦, 胡新和, 译. 北京: 北京大学出版社, 2017: 21, 157, 140-160.

Kuhn T S. The Structure of Scientific Revolution. Translated by Jin W L, Hu X H. Beijing: Peking University Press, 2017: 21, 157, 140-160. (in Chinese)

2 杨青峰. 未来制造：人工智能与工业互联网驱动的制造范式革命. 北京: 电子工业出版社, 2018: 4-76.

Yang Q F. Future Manufacturing: Manufacturing Paradigm Revolution Driven by AI and Industrial Internet. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2018: 4-76. (in Chinese)

3 马克思. 资本论. 郭大力, 王亚南, 译. 上海: 上海三联书店, 2017: 233-268.

Marx K. Das Kapital. Translated by Guo D L, Wang Y N. Shanghai: Readway, 2017: 233-268. (in Chinese)

4 大卫·E·奈. 百年流水线: 一部工业技术进步史. 史雷, 译. 北京: 机械出版社, 2017: 43.

Nye D E. America's Assembly Line. Translated by Shi L. Beijing: China Machine Press, 2017: 43. (in Chinese)

5 詹姆斯·P·沃麦克, 丹尼尔·T·琼斯, 丹尼尔·鲁斯. 改变世界的机器——精益生产之道. 余锋, 张冬, 陶建刚, 译. 北京: 机械工业出版社, 2015: 101-102.

Womack J P, Jones D T, Roos D. The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. Translated by Yu F, Zhang D, Tao J G. Beijing: China Machine Press, 2015: 101-102. (in Chinese)

6 福特. 商业的秘密: 福特大传. 陈永年, 译. 北京: 企业管理出版社, 2012: 265-268.

Ford H. Trade Secrets: Henry Ford. Translated by Chen Y N. Beijing: Enterprise Management Publishing House, 2012: 265-268. (in Chinese)

7 布莱恩·阿瑟. 技术的本质. 曹东溟, 王健, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2016: 215.

Arthur W B. The Nature of Technology. Translated by Cao D M, Wang J. Hangzhou: Zhejiang People's Press, 2016: 215. (in Chinese)

8 杨青峰. 智能爆发：新工业革命与新产品创造浪潮. 北京: 电子工业出版社, 2017.

Yang Q F. Intelligence Explosion: The New Industrial Revolution and the Wave of New Products Creation. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2017. (in Chinese)

9 杨青峰. 智变：新工业思维. 北京：电子工业出版社, 2016:55, 171-180.

Yang Q F. Intelligence: New Industrial Thinking. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016: 55, 171-180. (in Chinese)